

## Создание сеток оптических частот на основе метода спектральной интерферометрии

*Лукин К.А. д.ф.-м.н., проф., Татьяна Д.Н.*

*Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины*  
61085, г. Харьков, ул. Академика Проскуры, 12, тел.: (057) 720 33 49,  
e-mail: [lukin.konstantin@gmail.com](mailto:lukin.konstantin@gmail.com), [lukin@ire.kharkov.ua](mailto:lukin@ire.kharkov.ua)

*Мачехин Ю.П., д.т.н., с.н.с.*

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*  
г. Харьков, пр. Ленина 14, тел. (057) 702-14-84, факс (057) 702-10-13

**Введение.** Современное развитие таких областей как волоконно-оптическая связь базируется на спектре оптических частот, расположенных в виде частотной сетки с определенными интервалами между частотными компонентами. Для метрологического контроля этих систем, необходимы стандартные оптические частотные интервалы с заданными значениями. Решить такую задачу природными частотными сетками довольно сложно, поэтому необходимо формировать частотные сетки искусственно.

**1. Методы искусственного формирования сетки оптических частот.** Искусственное формирование частотных сеток для метрологического обеспечения волоконно-оптических систем связи (как в прочем и для других применений) предлагается осуществить путем трансформации непрерывного частотного спектра в линейчатый (канавчатый) с заданным интервалом между компонентами спектра. Для этого предлагается применить метод спектральной интерферометрии с использованием низкокогерентных источников излучения в инфракрасном диапазоне спектра с привязкой спектральных линий, полученных данным методом, к стабилизированному по частоте когерентному источнику излучения (лазеру).

**2. Теоретическое обоснование применения метода спектральной интерферометрии.** Метод спектральной интерферометрии состоит в формировании периодического чередования максимумов и минимумов на оси частот спектра, которые являются следствием линейной интерференции гармонических спектральных составляющих сигналов, суммируемых на выходе интерферометра, при условии, что разность плеч интерферометра превышает длину когерентности источника излучения. Период этого чередования обратно пропорционален времени запаздывания  $\tau_0$  между сигналами, распространяющимися в двух плечах интерферометра. Метод может быть реализован с помощью классического интерферометра Майкельсона (далее интерферометра). Спектр мощности  $F_{\Sigma}(f)$  на выходе интерферометра можно записать в следующем виде

$$F_{\Sigma}(f, \tau_0) = 2F(f)\{1 + \cos(2\pi f\tau_0 + \theta)\}, \quad (1)$$

где  $\theta$  – разность фаз между сигналами плеч интерферометра,  $f$  – частота источника излучения.

**3. Источник излучения.** В качестве наиболее перспективных источников излучения для создания оптических частотных сеток, обладающих большой шириной спектра и мощностью излучения, предлагается использовать обычные светодиоды с повышенной яркостью свечения, которые массово выпускаются для решения таких задач, как индикация и локальное освещение. Для проверки метода предложено применить один из подобных светодиодов - InGaAlP светодиод TLRH190P, выпускаемый фирмой Toshiba. Его центральная длина волны излучения - 645 нм, что облегчает выполнение юстировочных работ. Ширина спектра излучения на полувысоте составляет 15-18 нм, что достаточно для формирования сетки частот с несколькими периодически расположенными линиями спектра. Излучение на выходе светодиода имеет полный угол расходимости  $4^0$ . Это исключает коллимирующую оптику, ослабляющую мощность излучения. Производитель характеризует данный тип светодиодов как «LED Lamp» в силу высокой яркости излучения 19000 микро кандел.

**4. Экспериментальная установка и результаты измерений.** Для проверки идеи создания частотных сеток на основе метода спектральной интерферометрии была собрана установка интерферометра на базе светодиода Toshiba TLRH190P. Проведенные эксперименты подтвердили, что в том случае, когда разность плеч интерферометра превышает длину когерентности источника излучения, наблюдается интерференция в спектральной области, которая описывается уравнением (1) (рис. 1).

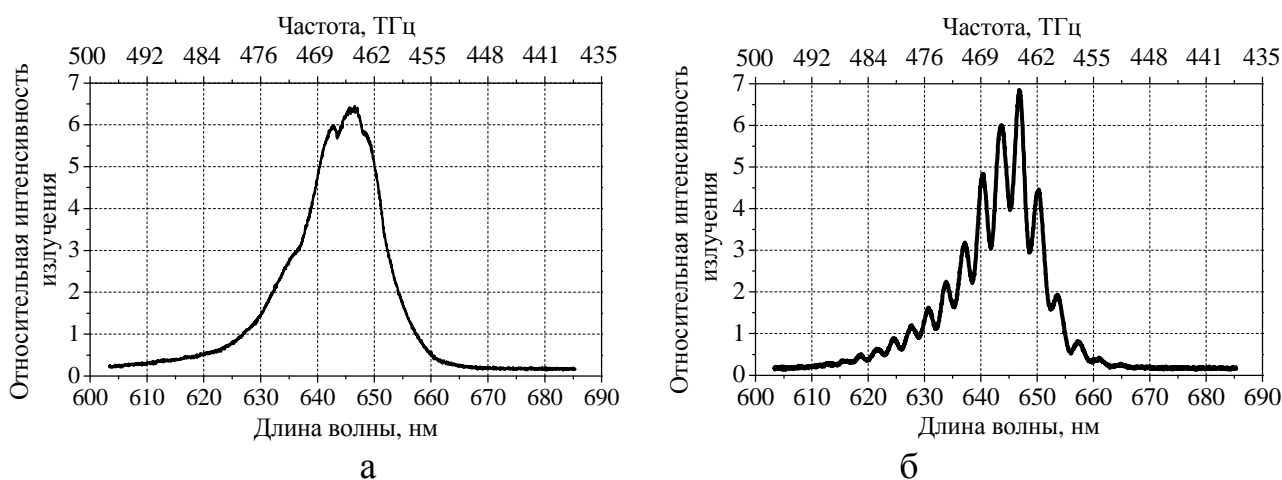


Рис. 1. Спектр излучения светодиода Toshiba TLRH190P: а) на выходе светодиода; б) на выходе интерферометра Майкельсона, разность плеч которого превышает длину когерентности излучения светодиода.

Изменяя разность плеч интерферометра можно получить заданную последовательность равноудаленных спектральных линий. Минимальный частотный интервал между периодическими спектральными линиями, определяется разрешающей способностью измерителя спектра и характеристиками оптических компонент используемых в интерферометре (зеркал, светоделительных элементов и т.п.). В исследуемой установке минимальный интервал между спектральными линиями, определяемый используемым спектроанализатором, равен  $\sim 318$  ГГц. Если использовать светодиод с длиной волны 1,5 мкм, т.е.

длиной волны излучения, применяемой в телекоммуникациях, и соответствующие настройки спектроанализатора, то частотный интервал между линиями будет составлять ~112 ГГц, что близко к интервалу между каналами WDM (англ.: Wavelength Division Multiplexing - спектральное уплотнение каналов) систем работающих на волоконно-оптических линиях связи.

**Выводы.** Предложена идея и изучены возможности применения метода спектральной интерферометрии для создания оптических частотных сеток. В результате теоретического анализа и экспериментальной проверки метода оптической спектральной интерферометрии показана возможность формирования периодической структуры спектра излучения светодиода Toshiba TLRH190P с целью привязки этой структуры к частотной сетке WDM систем. В дальнейшем необходимо рассчитать аппаратную функцию интерферометра с учетом оптических элементов, форма которой наилучшим образом обеспечила бы форму спектра, требуемую для работы в качестве стандарта сетки частот для волоконно-оптических систем связи.

Работа выполнена при поддержке Международного центра теоретической физики (The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP), Триест, Италия) и УНТЦ проекта № 3377.